

*А. А. Баскакова, Е. Г. Нешпоренко*

Магнитогорский государственный технический университет  
имени Г.И. Носова, г. Магнитогорск

[baskakova\\_1999@mail.ru](mailto:baskakova_1999@mail.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТА УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

*В работе рассмотрен вариант утилизации низкопотенциальной теплоты систем охлаждения промышленного оборудования на примере многоступенчатых воздушных компрессоров, в которых осуществляется сжатие воздуха с одновременным его охлаждением в промежуточных охладителях и сбросом теплоты в окружающее пространство. Предложено использовать эту теплоту путем модернизации системы охлаждения с применением вихревого эффекта Ранке для выработки дополнительной электрической энергии в органическом цикле Ренкина.*

*Ключевые слова: компрессор; система охлаждения; низкопотенциальная теплота; вихревая труба; органический цикл Ренкина.*

*A. A. Baskakova, E. G. Neshporenko*

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

## INVESTIGATION OF THE UTILIZATION OPTION OF COOLING SYSTEMS' LOW-POTENTIAL HEAT

*The paper considers a variant of utilization of low-potential heat of cooling systems of industrial equipment on the example of multistage air compressors, in which air is compressed with simultaneous cooling in intercoolers and heat discharge into the surrounding space. It is proposed to use this heat by upgrading the cooling system using the Ranke vortex effect to generate additional electrical energy in the organic Rankine cycle.*

*Keywords: compressor; cooling system; low-potential heat; vortex tube; organic Rankine cycle.*

Одной из проблем современного оборудования является проблема неизбежного образования низкопотенциальной теплоты, которая, как правило, сбрасывается в окружающую среду. Низкопотенциальная теплота представляет собой источник в виде неподготовленной воды с температурным потенциалом не более 35 °С во избежание выпадения солей жесткости.

Например, в системе охлаждения промышленного компрессора К-3000 отводится и сбрасывается в окружающую среду около 2 МВт теплоты с температурой до 32 °С. Несмотря на то, что в системе охлаждения отводится значительное количество теплоты, теплоту с таким температурным потенциалом затруднительно использовать в дальнейших процессах. Также имеются различные нагревательные устройства (печи) с принудительным охлаждением и потерей низкопотенциальной теплоты. Таким образом, задача использования этой теплоты является актуальной.

Промышленная теплоэнергетика построена на принципе использования разности температурных потенциалов в технических устройствах. Поэтому следует рассмотреть вариант получения наибольшей разницы температур с имеющимся источником низкопотенциальной теплоты. В настоящее время известен эффект термического разделения сжатых закрученных потоков – эффект Ранке, позволяющий один поток сжатого энергоносителя разделить на два потока, которые будут иметь противоположные температуры. Например, в вихревых трубах можно получить из воздуха с давлением 0,6 МПа и температурой 20 °С два потока: один с давлением 0,15 МПа и температурой –20 °С, другой – с давлением 0,15 МПа и температурой +70 °С [1–3]. Полученную разность температур можно использовать для получения дополнительной работы системы.

Известно, что для привода компрессоров применяют как паровой, так и электрический привод. Во втором случае для компрессора К-3000 мощность приводного электродвигателя может достигать 8 МВт. Поэтому целесообразно использовать

низкопотенциальную теплоту системы охлаждения для выработки дополнительной электрической энергии.

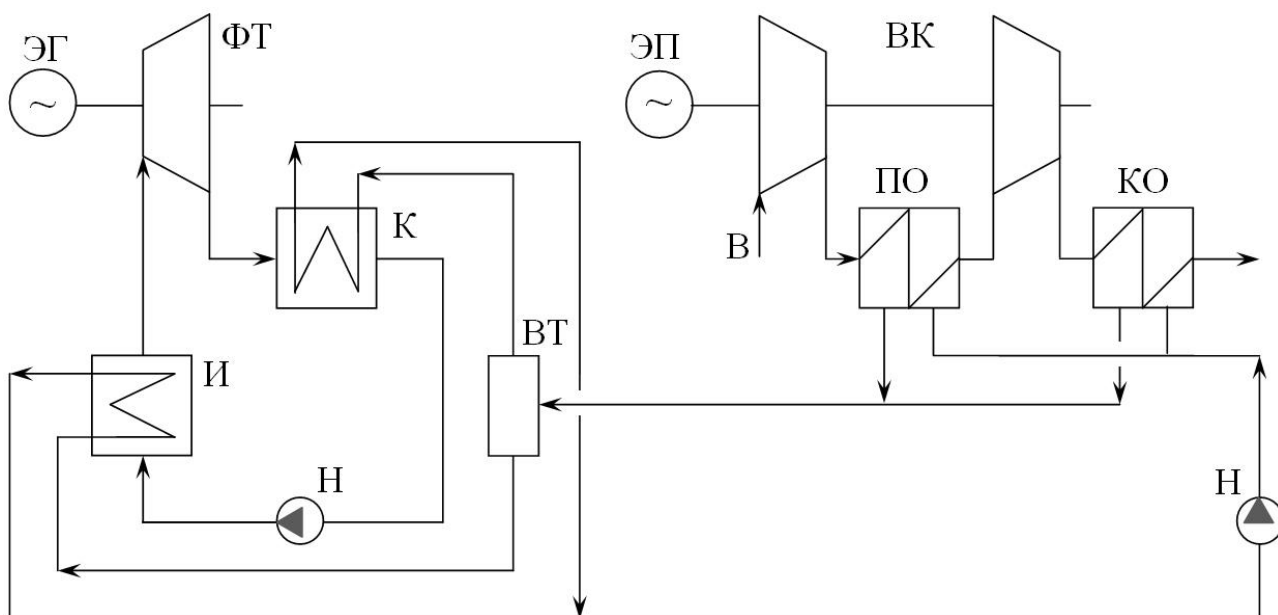
Следует отметить, что классический паротурбинный контур для выработки электрической энергии не может быть применим в условиях отрицательных температур. Органический цикл Ренкина даёт такую возможность, путем применения в качестве рабочего тела низкокипящих веществ, например, различные фреоны, углеводороды и др. [4].

Для получения возможности использования теплоты системы охлаждения необходимо перейти на применение низкокипящих теплоносителей. В контуре вихревой трубы необходимо применять легкокипящий теплоноситель, позволяющий получать наибольшую разность температур в двух потоках. Первый поток – с повышенной температурой – необходимо использовать в качестве источника энергии в органическом цикле Ренкина, второй поток – с отрицательной температурой – в качестве охлаждающего теплоносителя в конденсаторе цикла Ренкина.

Таким образом, получена тепловая схема с двумя контурами низкотемпературных веществ (рисунок). При этом вихревая труба осуществляет роль трансформатора температурного потенциала, а используемый в ней фреон будет использоваться вместо охлаждающей воды в промежуточных и концевых охладителях компрессора.

Следует отметить, что в действующей системе охлаждения вода нагревается не более, чем на 3–5 °С. Низкокипящие теплоносители позволяют расширить этот диапазон более, чем на 25–35 °С, что напрямую связано с его расходом. В работе был рассмотрен фреон R125 с соответствующими характеристиками. Рассчитано, что при использовании на производстве в теплообменнике вместо воды фреона R125, значительно сокращается его потребление. В качестве примера рассмотрены компрессора К-3000, которые потребляют для системы охлаждения более 2890 м<sup>3</sup> воды. Используя фреон R125, в промежуточных и концевых теплообменниках, с учетом того, что его теплоёмкость ниже теплоёмкости воды в 3 раза, за счет увеличения

используемой разности температур, его потребление будет составлять 493 м<sup>3</sup>, что в 5,9 раз меньше.



Тепловая схема утилизации низкопотенциальной теплоты системы охлаждения компрессора с применением контуров вихревой трубы и органического цикла Ренкина на низкокипящих теплоносителях:

В – воздух; ВК – воздушный компрессор; ВТ – вихревая труба; И – испаритель; К – конденсатор; КО – конечной охладитель; Н – насос; ПО – промежуточный охладитель; ФТ – фреоновая турбина; ЭГ – электрогенератор; ЭП – электропривод

Таким образом, замена теплоносителя системы охлаждения компрессора с воды на низкокипящие жидкости, открывает возможность использования теплоты сжатия ( $\approx 30$  % энергии от всей работы компрессора) для генерации электрической энергии и последующего использования на собственные нужды предприятия.

#### Список использованных источников

1. Мартынов А. В. Установки для трансформации тепла и охлаждения. М. : Энергоатомиздат, 1989. 200 с.
2. Мартынов А. В., Бродянский В. М. Что такое вихревая труба? М. : Энергия, 1976. 152 с.
3. Цветков О. Б., Лаптев Ю. А. Таблицы свойств холодильных агентов. СПб. : НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. 52 с.
4. Вукалович М. П., Новиков И. И. Термодинамика. М. : Машиностроение, 1972. 672 с.